Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.2, Summer 2021, P. 267-281
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۲۸۱-۲۶۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

تغییرات برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی برگ انگور بیدانه قرمز متأثر از تنش خشکی و کاربرد برخی کودهای آلی و شیمیایی

آسیه صفری[۱]- اکرم فاطمی[۲*]- محسن سعیدی[۳]- زهرا کلاهچی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰

چکیده

انگور (*Vitis vinifera*) یکی از مهمترین محصولات باغی در دنیا و ایران به شمار می‌رود. خشکسالی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد گیاه و تولیدات کشاورزی در سراسر جهان بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک است. کاربرد کودهـای آلـی و شـیمیایی بـه عنـوان بهبـود دهنـده ویژگی‌های خاک یکی از راهکارهای کاهش اثرات تنش خشکی می‌باشد. به منظور بررسی اثر کاربرد کمپوست، بایوچار و سولفات پتاسیم بر وزن خشک برگ، محتوای رطوبت نسبی برگ، کلروفیل *a*، *b*، کل،کاروتنوئید و عناصر برگ انگور رقم بیدانه قرمز در شرایط بدون تـنش خشـکی (در حـد ظرفیـت زراعی) و تنش خشکی (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سـال۱۳۹۶ در دانشگاه رازی (کرمانشاه) انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد وزن خشک برگ انگور برای تیمارهای کودی سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچـار بـه ترتیب ۳/۷، ۳/۶ و ۳/۵ گرم به دست آمد. محتوی رطوبت نسبی، غلظت کلروفیل *a* وکارتنوئید برگ بین تیمارهای کودی اخـتلاف معنـی‌داری نداشـت. افزایش نسبت کلروفیل *a* به *b*، ۲/۹۵، ۳/۳۰ و ۷/۰۲ درصد به ترتیب در تیمارهای بایوچار، سولفات پتاسیم و کمپوست در مقایسه با تیمار شـاهد تغییـر کرد. در شرایط تنش خشکی با کاربرد بایوچار در مقایسه با کمپوست و سولفات پتاسیم، غلظـت فسـفر، پتاسـیم، منیـزیم و مـس بـرگ انگـور بـه طـور معنی‌داری بیشتر بوده در نتیجه نسبت کروفیل *a* به *b* و وزن خشک برگ انگور در مقایسه با شرایط بدون کاربرد کود بهبود یافت. براساس یافتـه‌هـای این پژوهش برای کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و وزن خشـک بـرگ انگـور، کـاربرد بایوچـار سـپس سـولفات پتاسـیم و کمپوست در گزینه‌های بعد توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بایوچار، سولفات پتاسیم، کاروتنوئید، کلروفیل، کمپوست

مقدمه

کشاورزی در اقتصاد ملی کشور نقش مهمـی دارد. در میـان زیـر بخش‌های کشاورزی، بخش باغبانی سهم زیـادی در ارزش صـادرات دارد. انگور نیز یکی از مهمترین محصولات باغی در دنیا و ایـران بـه شمار می‌رود. انگور *Vitis vinifera* یکی از قدیمی‌ترین گیاهان اهلی که آثار آن به صورت فسیل از دوران سوم زمـین‌شناسـی بـاقی‌مانـده است. مکان و زمان تکامل کامل انگور مشخص نیست ولی به احتمال بیشتر در امتداد رودهـای دجلـه و فـرات بـوده اسـت. توزیـع کنـونی گونه‌های انگور در شمال آمریکـای جنـوبی (ارتفاعـات آنـد کلمبیـا و ونزوئلا)، آمریکای مرکزی و شمالی، آسیا و اروپا می‌باشـد (۵۰ و ۲۵). تولیـد و سـطح زیـر کشـت انگـور ایـران در سـال ۲۰۱۹ بـه ترتیـب ۱۹۴۵۹۳۰ تن (۱۴/۱ درصد) و ۱۵۵۲۰۳ هکتـار (۱۱/۶ درصـد) بـوده است. در ایران سطح زیر کشت انگور پس از کشت پسته دومین سطح بارور را در سال ۱۳۹۸ داشته است. در استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۸، مقدار تولید انگور آبی و دیم به ترتیب ۸۲۷۱۸ و ۱۷۶۳ تن و سطح زیر کشت انگور آبی و دیم به ترتیب ۷۷۱۰ و ۱۵۱۵ هکتار بوده است (۲ و ۱۷).

خشکسالی یکی از مهمترین عوامل محـدود کننـده رشـد گیـاه و

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
(*- نویسنده مسئول: Email: a.fatemi@razi.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی، کرمانشاه
۴- استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

DOI: 10.22067/jhs.2021.61898.0

تولیدات کشاورزی در سراسر جهان بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک است (۵۱). کاهش آب در بافت‌های گیاهی سبب تغییر در فرآیندهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌گردد (۳). محدودیت رطوبتی موجب کاهش تقسیم و انبساط سلول‌ها می‌شود به گونه‌ای که با افزایش شدت تنش خشکی در انگور وزن تر و خشک برگ کاهش می‌یابد (۶). افزایش تنش خشکی باعث کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ و به علت اختلال در روزنه‌ها و مسیر ورود دی‌اکسیدکربن موجب کاهش کلروفیل می‌شود (۱۲). کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش جذب دی‌اکسیدکربن، کاهش فتوسنتز از طریق کاهش رطوبت نسبی برگ، افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن و آسیب‌های ناشی از آن در کلروپلاست (از جمله کاهش شاخص پایداری غشاء) از پیامدهای ناشی از تنش خشکی در برگ انگور می‌باشد (۶، ۱۲ و ۲۰). برخی پاسخ‌های بیوشیمیایی رقم‌های مختلف انگور در شرایط تنش خشکی بررسی شده‌اند که به نتایج برخی از آنها اشاره می‌شود. نتایج مؤیدی نژاد و همکاران (۳۳) نشان داد که تنش خشکی به طور معنی‌داری رطوبت نسبی برگ دو رقم انگور یاقوتی و بیدانه سفید را کاهش داد. مقدار پراکسید هیدروژن، مالون دی آلدئید و نشت یونی در رقم یاقوتی (رقم متحمل) کمتر از رقم بیدانه سفید (رقم حساس) گزارش شد. همچنین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز در دوره تنشی در رقم یاقوتی بیشتر از رقم بیدانه سفید به دست آمد (۳۳). بررسی واکنش‌های بیوشیمیایی برخی رقم‌های انگور (بیدانه سفید، چفته و یاقوتی) در شرایط تنش خشکی نشان داد که در رقم بیدانه با افزایش سطوح تنش خشکی، محتوای رطوبت نسبی برگ، غلظت کلروفیل a و b کاهش یافت ولی مقدار نشت یونی، تجمع مالون‌دی‌آلدئید، فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز به همراه میزان پراکسید هیدروژن افزایش یافت. در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (شامل کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گایکول پرکسیداز) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل تغییر معنی‌داری دیده نشد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که در تنش خشکی رقم بیدانه سفید کمترین انسجام غشایی و رقم‌های چفته و یاقوتی توانایی بالاتری در حفظ انسجام غشایی داشتند (۴۹).

در کشاورزی علاوه بر تأثیر مهم رطوبتی بر مقدار تولید، استفاده بهینه از کود نیز در تولید نهایی حائز اهمیت است. تولید موفق محصولات کشاورزی در وضعیت آب و هوایی خشک مستلزم اعمال روش‌های مدیریتی مناسب است. راهکار تغذیه‌ای امکان توسعه‌ی بیشتر کشت گیاه در مناطق خشک را فراهم می‌کند و می‌تواند در مقابله با تنش خشکی سودمند واقع گردد (۲۳). استفاده از کودهای شیمیایی و آلی به عنوان بهبود دهنده ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌تواند یکی از راهکارهای کاهش اثر نامطلوب تنش خشکی باشد (۳۵). کودهای شیمیایی عناصر مورد نیاز گیاه را سریع‌تر در اختیار گیاهان قرار می‌دهند و باعث افزایش چشمگیر رشد و عملکرد گیاه می‌شود (۴۲). عدم آشنایی کشاورزان به تأثیر انواع کودهای شیمیایی باعث شده است تا به مصرف کودهای نیتروژنی و فسفره روی آورند و به استفاده از کودهای آلی، پتاسیمی و کم‌مصرف کمتر توجه نمایند. در مقایسه با مصرف کودهای ازته و فسفره مصرف پتاسیم نقش مؤثرتری در افزایش عملکرد در شرایط تنش خشکی و شوری ایفا می‌کند (۴۰). بررسی تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و سولفات روی بر دو رقم انگور (رشه و بیدانه قرمز) در شرایط تنش شوری نشان داد که در مؤثرترین تیمار محلول‌پاشی (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم به همراه ۲ گرم در لیتر سولفات روی) و در بیشترین سطح شوری (۱۰۰ میلی‌مولار)، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای و نورساخت بیشتر از تیمار بدون محلول پاشی بود (۱۰). نتایج محلول‌پاشی ۱/۵درصد سولفات پتاسیم بر انگور بیدانه سفید در شرایط تنش شوری نشان داد که در بوته‌های تیمار شده در مقایسه با بوته‌های تیمار نشده، کاربرد پتاسیم باعث پایداری رنگیزه‌های فتوسنتزی شد. نتایج همچنین کاهش معنی‌دار میزان نشت‌یونی برگ با کاربرد سولفات پتاسیم را نشان داد. از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به کاهش قند نامحلول، افزایش محتوای قند محلول و پرولین برگ، افزایش غلظت پتاسیم، تعدیل نسبت سدیم به پتاسیم، افزایش غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم با کاربرد سولفات پتاسیم اشاره نمود (۳۳). کودهای آلی نیز باعث بهبود خواص تغذیه‌ای و فیزیکی خاک مزارع می‌شود. منابع مواد آلی شامل بقایای گیاهی حاصل از فعالیت‌های زراعی، کودهای دامی و مرغی، گیاهان پوششی (کودهای سبز)، مواد حاصل از زباله‌های شهری پس از بازیافت آن‌ها، کمپوست، بایوچار، ضایعات کشت و سایر موارد می‌باشد (۳۰). استفاده از مواد آلی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مورد تأکید پژوهشگران بوده است. افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک با کاربرد کودهای آلی از جمله دلایل افزایش محصول در شرایط خشکسالی می‌باشد (۹). کاربرد کمپوست در خاک عموماً به منظور حفظ و افزایش ثبات و پایداری خاکدانه‌ها، حاصلخیزی و باروری خاک‌های زراعی و باغی است که در دهه‌های گذشته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است (۲۱). بایوچار به عنوان اصلاح‌کننده‌ای برای بهبود ویژگی‌های خاک و عملکرد گیاه استفاده می‌شود. دامنه وسیع ویژگی‌های بایوچار تولید شده درشرایط متفاوت تولید، امکان بهره‌گیری از فوائد این مواد در شرایط مختلف اقلیمی و خاک را فراهم نموده است (۱۸). افزایش بایوچار به خاک‌های کشاورزی ابزار سودمندی برای بهبود و باروری خاک است (۱۰)، از جمله اثرات مثبت آن بهبود حاصلخیزی خاک (۸) بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک (۵۱) و پاسخ مثبت به رشد و عملکرد گیاه می‌باشد (۲۷). مزایای بلند مدت استفاده بایوچار برای دسترسی به مواد غذایی به علت تثبیت بیشتر ماده آلی و نگهداری بهتر همه کاتیون‌ها در نتیجه ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر است (۲۸). گزارش شده است که

کاربرد بایوچار می‌تواند سبب بهبود تولیدات تاکستان‌ها در شرایط آب و هوایی خشک با یک تناوب آبیاری مناسب شود. با اینحال، کاربرد بایوچار برای کاهش تنش خشکی در کشت انگور به تجزیه و تحلیل‌های بیشتری نیاز دارد (۱۹). هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار در شرایط تنش خشکی بر وزن خشک و محتوای رنگدانه‌ای انگور رقم بیدانه قرمز بود.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و اقلیمی محل انجام تحقیق: دانشگاه رازی در شرق شهرکرمانشاه در ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. براساس تقسیم‌بندی اقلیمی دومارتن اقلیم منطقه سرد و نیمه خشک است. میزان بارندگی سالیانه ۴۳۷ میلی‌متر و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۹ متر می‌باشد. میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

آزمایش گلخانه‌ای: این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بر نهال‌های دو ساله انگور رقم بیدانه قرمز انجام شد. پس از زمستان گذرانی نهال‌ها در فضای باز و خارج از گلخانه در سال ۱۳۹۵، در اواسط بهمن ماه همان سال، نهال‌های دو ساله انگور به گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی با ۸ کیلوگرم خاک در شرایط گلخانه (دما: ۲۵-۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد) انتقال داده شدند. خاک، آهکی با اسیدیته کمی قلیایی، بافت خاک لومی‌رسی سیلتی و مقدار کربن آلی خاک کم و مشابه بیشتر خاک‌های ایران (۱درصد>) بود (جدول ۱). شاخه‌های اضافی هرس شده و تنها چهار جوانه شامل سه جوانه رویشی و یک جوانه پایه بر نهال باقی ماندند. جوانه بارور انگور از نوع جوانه مرکب هست. جوانه اصلی بعد از تکامل و پس از سپری کردن دوره استراحت زمستانی تبدیل به جوانه زایشی یا رویشی می‌گردد. رقم بیدانه قرمز دارای گل‌های کامل بوده و بیشترین جوانه های بارور همانند انگور سفید بیدانه بین گره‌های ۴ الی ۱۲ مستقر می‌باشند (۲۶). نهال‌ها تا اواسط خرداد ماه و در شرایط رشد بهینه از نظر رطوبت، فراهمی عناصر غذایی و مبارزه با آفات نگهداری شدند. برای این منظور، آبیاری به صورت کامل انجام شد. در فواصل زمانی۲۰ روز یک بار برای رفع کنه تارتن و تریپس حشره‌کش ایمیدوکلروپراید[1] به مقدار یک در هزار اضافه شد. همچنین برای رفع سفیدک قارچی از سم هگزاکونازول[2] به مقدار ۲ میلی‌لیتر در پنج لیتر آب مقطر استفاده شد. سم آبامکتین[3] به مقدار یک در هزار برای دفع شته به کار رفت. اواسط خرداد ماه ۱۳۹۶ تیمارهای کودی و سپس در ابتدای تیر ماه ۱۳۹۶ بر اساس ظرفیت زراعی خاک تیمارهای تنش خشکی اعمال شد که به مدت دوماه ادامه یافت. پیش از انجام آزمایش، برای تعیین ظرفیت زراعی خاک یک گلدان با آب اشباع و پس از خروج قطرات آب از ته گلدان، پس از گذشت ۴۸ ساعت درصد رطوبت وزنی خاک تعیین شد. ظرفیت زراعی خاک ۴۰ درصد به دست آمد. فاکتورهای آزمایش در این پژوهش عبارت از دو سطح آبیاری نرمال (۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک یا FC) و تنش خشکی (۴۰ درصد FC) بر اساس رطوبت وزنی گلدان و چهار سطح کود شامل عدم مصرف کود به عنوان شاهد، ۱/۲۵ گرم بر کیلوگرم سولفات پتاسیم، پنج درصد وزنی کمپوست (معادل ۴۰۰ گرم در گلدان) و ده درصد وزنی بایوچار (۸۰۰ گرم در گلدان) انجام شد. سولفات پتاسیم در آب مقطر حل و به خاک گلدان‌ها اضافه شد. کمپوست و بایوچار نیز به خاک گلدان‌ها اضافه و سپس گلدان‌ها آبیاری شدند. بایوچار از سرشاخه‌های درخت سیب در شرایط با اکسیژن کم در کوره فلزی با دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد تهیه و پس از یک بار شستشو با آب مقطر، خشک و آسیاب شده و ویژگی‌های آن با روش‌های متداول (۲۹) اندازه‌گیری شد (جدول ۲). کمپوست زباله شهری از کارخانه کمپوست سازی کرمانشاه تهیه شد. رطوبت وزنی خاک در طول دوره آزمایش با توزین روزانه در رطوبت‌های مورد نظر ثابت نگه داشته شد. پس از پایان آزمایش، وزن خشک برگ هر گلدان تعیین شد. نمونه‌های برگ بالغ انگور (شامل برگ و دمبرگ) با آب مقطر شستشو و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. برای اندازه‌گیری غلظت ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ از روش هضم تر (اسید سولفوریک-اسیدسالیسیلیک-آب اکسیژنه) و برای غلظت آهن، روی، مس، منگنز از روش هضم خشک (اسید هیدروکلریک) برای عصاره‌گیری استفاده شد (۴۵).

محتوای رطوبت نسبی برگ: یک برگ بالغ از نهال انگور انتخاب و توزین(F_w) شد، سپس نمونه برگ به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در شرایط تاریکی قرار داده شد. وزن اشباع (T_w) نمونه برگ اندازه‌گیری گردید و نمونه برگ در داخل آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و پس از ۷۲ ساعت توزین گردید (D_w). محتوای رطوبت نسبی برگ (RWC) با معادله (۱) محاسبه شد (۵۵).

$$\text{RWC}\ (\%) = \frac{(\text{Fw}-\text{Dw})}{(\text{Tw}-\text{Dw})} \times 100 \qquad \text{معادله (۱)}$$

کلروفیل *a*، *b*، کل و کاروتنوئید: به ۲۵ میلی‌گرم برگ پودر شده با نیتروژن مایع دو میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد اضافه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد.

1- Imidia SC35%
2- Hexaconazole
3- Abamectin

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Some physicochemical characteristics of studied soil

منگنز قابل جذب Available Mn	مس قابل جذب Available Cu	روی قابل جذب Available Zn	آهن قابل جذب Available Fe	منیزیم قابل جذب Available Mg	کلسیم قابل جذب Available Ca	پتاسیم قابل جذب Available K	فسفر قابل جذب Available P	ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC)	نیتروژن N	کربن آلی OC	کربنات کلسیم معادل Equivalent Calcium Carbonate	EC** (1:2.5)	*pH (1:2.5)
mg.kg-1								meq.100 g-1	%)			dS.m-1	
35.24	1.45	1.70	4.76	88.80	376.00	400.00	1.44	30.86	0.09	0.93	5.95	0.60	7.20

* و ** نسبت خاک به آب در عصاره

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی (کمپوست و بایوچار) مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Chemical characteristics of compost and biochar used in the experiment

نوع کودآلی Type of organic fertilizer	pH(1:10)	EC(1:10)	کربن آلی OC	N	P	K	Mn	Cu	Zn	Fe
		dS.m-1	%				mg.kg-1			
کمپوست Compost	7.96	3.90	14.20	1.46	0.57	1.41	290	275	327	10725
بایوچار Biochar	8.44	3.40	30.00	0.28	0.53	0.53	95	42	67.50	1325

سپس با دور ۱۳۰۰۰ به مدت پنج دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. عصاره به دست آمده در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶ و ۶۶۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. مقادیر کلروفیل a، b و کارتنوئید با معادله‌های ۲ تا۴ به دست آمد (۳۶).

معادله (۲) کلروفیل a = $12.21(A663) - 2.81(A646)$

معادله (۳) کلروفیل b= $20.31(A646) - 5.1(A663)$

معادله (۴) کاروتنوئید= $\frac{(1000 \times 470) - (3.27 \times \text{کلروفیل } a) - (104 \times \text{کلروفیل } b)}{227}$

در روابط بالا A طول موج جذب اسپکتروفتومتر است.

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌ها با نرم‌افزار SAS تجزیه و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثرات ساده تیمار کودی و تنش خشکی بر وزن خشک و محتوای رطوبت نسبی برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر وزن خشک و محتوای رطوبت نسبی برگ انگور معنی‌دار نشد (P>0.05). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی بر وزن خشک برگ معنی‌دار نبود اما اثر ساده تیمار کودی بر وزن خشک برگ معنی‌دار شد (P<0.01) (جدول ۳). نتایج همچنین نشان داد که وزن خشک برای تیمارهای کودی سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به ترتیب ۳/۷، ۳/۶ و ۳/۵ گرم بود (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تنش خشکی بر محتوای رطوبت نسبی برگ معنی‌دار بود (P<0.05). رطوبت نسبی برگ در تیمارهای بدون تنش خشکی و تنش خشکی به ترتیب ۸۳/۱۹ و ۷۳/۵۶ درصد به دست آمد (جدول ۵). پژوهشگران بیان کردند که در شرایط تنش خشکی میزان رطوبت نسبی برگ انگور کاهش معنی‌داری یافت (۳۳ و ۴۹). با وجود اینکه اثر ساده تیمار کودی بر محتوای رطوبت نسبی برگ معنی‌دار نشد (جدول ۳)، رطوبت نسبی برگ با کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار در مقایسه با شاهد به ترتیب در حدود ۹، ۴ و ۵ درصد افزایش یافت (جدول ۴). مصرف بایوچار در شرایط تنش خشکی در بهبود محتوای رطوبت نسبی برگ گیاه تأثیر دارد (۴). رطوبت نسبی بالاتر به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتر آب در شرایط تنش خشکی است (۴۸).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کاربرد تیمارهای کودی بر وزن خشک، محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل *a*، کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کارتنوئید برگ انگور رقم 'بیدانه قرمز' در شرایط تنش خشکی

Table 3- ANOVA for the effect of fertilizer treatments on dry matter, RWC, chlorophyll *a*, *b* and total, and carotenoid of grapevines leaves cv. 'Bidane-Ghermez' under drought stress conditions

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک Dry Matter	محتوای رطوبت نسبی RWC	کلروفیل *a* Chlorophyll *a*	کلروفیل *b* Chlorophyll *b*	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid
بلوک Block	3	0.27	40.97^{ns}	0.03^{ns}	0.00^{ns}	0.01^{ns}	0.33^{ns}
تنش خشکی Drought stress	1	2.73^{ns}	210.92*	0.37**	0.01**	0.84**	3.36**
کود Fertilizer	3	0.69**	65.79^{ns}	0.20**	0.01**	0.42**	2.32**
تنش خشکی ×کود Drought stress fertilizer	3	0.39^{ns}	104.86^{ns}	0.01^{ns}	0.00^{ns}	0.01^{ns}	0.40^{ns}
خطا Error	21	1.17	48.62	0.02	0.00	0.01	0.37
ضریب تغییرات C.V (%)		8.44	14.34	8.67	6.95	7.24	11.35

*و ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری

*,** and ^{ns} in order significant at 5% ,1% and Non-significant

جدول ٤- اثر تیمارهای کودی بر وزن خشک، محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل *a* کلروفیل *b* و کل و کارتنوئید برگ انگور رقم 'بیدانه قرمز'

Table 4- Simple effect of fertilizers application on dry matter, RWC, chlorophyll *a*, *b* and total, and carotenoid content of grapevines leaves cv. 'Bidane-Ghermez'

تیمار Treatment	وزن خشک Dry matter	محتوای رطوبت نسبی RWC	کلروفیل *a* Chlorophyll *a*	کلروفیل *b* Chlorophyll *b*	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid
	g	%	mg.g^{-1}Fw			
عدم مصرف کود Control	3.05b	79.10a	1.24b	0.27c	1.51c	4.55b
سولفات پتاسیم Potassium sulfate	3.72a	86.02a	1.51a	0.34b	1.85b	5.59a
کمپوست Compost	3.6a	81.98a	1.58a	0.37a	1.95a	5.69a
بایوچار Biochar	3.49ab	83.149a	1.56a	0.35ab	1.91ab	5.59a

سولفات پتاسیم (۱/۲۵ گرم بر کیلوگرم)، کمپوست (پنج درصد وزنی)، بایوچار (ده درصد وزنی). در هر ستون میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند.

Fertilizers: potassium sulfate (10 g.pot^{-1}), compost (5% w/w), biochar (10% w/w). Means with the same letter in each column are not significantly different at probability levels of 5% based on DMRT.

جدول ۵- اثر تنش خشکی بر وزن خشک، محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کل و کارتنوئید برگ انگور رقم 'بیدانه قرمز'

Table 5- The effect of drought stress on RWC, chlorophyll *a*, *b* and total, and carotenoid content of grapevines leaves cv. 'Bidane-Ghermez'

تیمار Treatment	وزن خشک Dry matter	محتوای رطوبت نسبی RWC	کلروفیلa Chlorophyll a	کلروفیلb Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid
	g	%	mg.g^{-1}Fw			
شاهد Control	3.18	83.19a	1.08a	0.32a	1.42a	1.04b
تنش خشکی Drought stress	3.76	73.56b	0.79b	0.25b	1.04b	1.23a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Means with the same letter in each column are not significantly different at probability levels of 5 and 1% based on DMRT.

اثر ساده تنش خشکی بر کلروفیل *a*، *b* و کل برگ انگور

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر محتوای کلروفیل *a*، *b* و کل برگ انگور معنی‌دار نشد (P>0.05). اثر ساده تنش خشکی بر کلروفیل *a*، *b* و کل برگ معنی‌دار به دست آمد ($P<0.01$) (جدول ۳). در شرایط تنش بدون تنش خشکی مقدار کلروفیل *a*، *b* و کل به ترتیب ۱/۰۸، ۰/۳۲ و ۱/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد. در شرایط تنش خشکی مقدار کلروفیل *a*، *b* و کل به ترتیب ۰/۷۹، ۰/۲۵ و ۱/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود (جدول ۵). به عبارت دیگر، غلظت کلروفیل *a*، *b* و کل در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط تنش بدون تنش خشکی کاهش یافت. تنش خشکی در گیاه به علت اختلال در روزنه‌ها و مسیر ورود کربن دی اکسید موجب کاهش کلروفیل می‌شود (۳۱). کاهش غلظت کلروفیل در تنش خشکی به دلیل تجزیه توسط آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان صورت می‌گیرد (۳). این آنتی‌اکسیدن‌ها شامل کاروتن‌ها، آسکوربات‌ها، آلفا–توکوفرول، گلوتاتیون احیایی و آنزیم‌هایی شامل پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز، آسکوربات پراکسیدازها، کاتالاز، پلی فنول اکسیدازها و گلوتاتیون رداکتاز می‌باشند (۲۴).

اثر ساده تیمار کودی بر کلروفیل *a*، *b* و کل و غلظت عناصر برگ انگور

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار کودی بر کلروفیل *a*، *b* و کل برگ انگور معنی‌دار شد (P<0.01) (جدول ۳). مقدار کلروفیل *a* در برگ انگور به ترتیب برای سولفات پتاسیم، بایوچار و کمپوست ۱/۵۱، ۱/۵۶ و ۱/۵۸ میلی‌گرم برگرم به دست آمد. همچنین مقدار کلروفیل *b* برگ انگور ۰/۳۴، ۰/۳۵ و ۰/۳۷ میلی‌گرم برگرم برای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به دست آمد (جدول ۴). افزایش غلظت کلروفیل با کاربرد کودهای آلی می‌تواند به دلیل افزایش جذب عناصرغذایی مانند نیتروژن توسط گیاه و افزایش کلروفیل گیاه باشد.

بخش قابل توجهی از ترکیبات رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای نیتروژن هستند. بین نیتروژن برگ با کلروفیل همبستگی مثبت وجود دارد (۱۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی (P<0.01)، همچنین اثر تیمارهای کودی (P<0.01) و تنش خشکی (P<0.01) بر غلظت نیتروژن برگ معنی‌دار بود. در شرایط تنش خشکی اختلاف معنی‌داری بین غلظت نیتروژن تیمارهای کودی مختلف دیده نشد. همچنین در شرایط تنش خشکی غلظت نیتروژن برگ تیمارهای مختلف با تیمار شاهد و بایوچار در شرایط بدون تنش خشکی اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط بدون تنش خشکی و تنش خشکی، بیشترین غلظت نیتروژن برگ در تیمار کمپوست مشاهده شد (جدول ۷). کاربرد کود دامی و کمپوست موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، مواد غذایی خاک و قابلیت جذب آنها توسط گیاه و افزایش تعادل نیتروژنی می‌شود (۱۴).

وجود ترکیبات فسفردار موجب افزایش قابل توجهی در غلظت کلروفیل گیاه می‌شود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمارهای کودی و تنش خشکی بر فسفر برگ (P<0.01) معنی‌دار شد (جدول ۶). در بین تیمارهایی که کود دریافت کرده‌اند، کمترین و بیشترین غلظت فسفر برگ، ۰/۴۰ و ۰/۶۷ درصد، به ترتیب در تیمارهای سولفات پتاسیم و بایوچار دیده شد (جدول ۸). کاربرد بایوچار باعث افزایش معنی‌دار نیتروژن و فسفر خاک شده در نتیجه جذب فسفر و نیتروژن گیاه نیز بیشتر می‌شود (۵۲). فسفر رشد ریشه را بهبود داده و پتانسیل آب برگ را حفظ می کند. با بهبود رشد ریشه جذب آب و عناصر غذایی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز افزایش می‌یابد که آسیمیلاسیون نیترات در شرایط تنش خشکی را بهبود می‌بخشد. فسفر

همچنین با بالا نگه داشتن پتانسیل آب برگ تورژسانس برگ را حفظ می‌کند که به نوبه خود هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز را در شرایط تنش خشکی افزایش می‌دهد (۵۴). با کاربرد کودهای آلی مقدار ماده آلی خاک افزایش یافته و در نتیجه میزان تخلخل و ساختمان خاک بهبود می‌یابد (۱۴). بنابراین رشد و گسترش ریشه گیاهان افزایش می‌یابد. در شرایط مناسب فیزیکی و شیمیایی خاک با کاربرد کود آلی، گیاه می‌تواند به خوبی رشد کرده و عناصر غذایی را جذب نماید (۲۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمارهای کودی و تنش خشکی بر پتاسیم برگ ($P<0.01$) معنی‌دار شد (جدول ۶). در بین تیمارهای کودی بیشترین غلظت پتاسیم برگ (۱/۶۹ درصد) در تیمار بایوچار به دست آمد. غلظت پتاسیم برگ در تیمارهای سولفات پتاسیم و کمپوست به ترتیب ۱/۰۴ و ۰/۹۵ درصد به دست آمد. بین غلظت پتاسیم برگ انگور در تیمارهای سولفات پتاسیم و کمپوست اختلاف معنی‌داری دیده نشد. غلظت پتاسیم برگ انگور در این دو تیمار به طور معنی‌داری کمتر از تیمار بایوچار بود (جدول ۸). در شرایط کمبود پتاسیم حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (۱۱). نیاز زیاد به پتاسیم در شرایط تنش به نقش بازدارندگی پتاسیم در تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در طی فتوسنتز و اکسیده شدن NADPA نسبت داده شده است. عبدالرحیم و هادی (۱) گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل و غلظت عناصری همچون نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ انگور در مقایسه با تیمار شاهد شد.

کلسیم از عناصر غذایی ضروری است که نقش مهمی در شروع بسیاری از فرآیندهای انتقال سیگنال در سلول‌های گیاهی دارد. کلسیم همچنین جذب یون‌ها را تنظیم می‌کند. حضور کلسیم در محیط بیرونی برای حفاظت غشا پلاسمایی در مقابل آسیب‌های ناشی از تنش‌های مختلف ضروری است (۴۰). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و تیمارهای کودی بر غلظت کلسیم برگ ($P<0.01$) معنی‌دار شد (جدول ۶). با کاربرد کودهای مورد مطالعه غلظت کلسیم برگ به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۸). افزایش معنی‌دار کلروفیل برگ انگور با کاربرد کودهای کلسیم‌دار گزارش شده است (۵۳). میزان کلروفیل کل و نسبت کلروفیل *a* به کلروفیل *b* از جمله ویژگی‌هایی هستند که تحت تأثیر غلظت کلسیم برگ هستند. افزایش غلظت کلسیم در طول دوره رشد گیاه موجب افزایش محتوای کلروفیل و افزایش نسبت کلروفیل *a* به کلروفیل *b* می‌شود. همچنین افزایش غلظت کلسیم سبب حفاظت از کلروفیل *a* و جلوگیری از کاهش نسبت کلروفیل *a* به کلروفیل *b* و مانع رنگ زدایی از کلروفیل *a* در سیستم نوری I می شود (۴۷). همانگونه که در جدول ۴ دیده می شود با کاربرد کودها غلظت کلروفیل کل همچنین غلظت کلروفیل *a* و کلروفیل *b* نیز افزایش یافته است. نسبت کلروفیل *a* به کلروفیل *b* در تیمارهای شاهد، سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار به ترتیب ۴/۵۹، ۴/۴۴، ۴/۲۷ و ۴/۴۶ بود. نسبت کلروفیل *a* به کلروفیل *b* در تیمارهای سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۳/۳۰، ۷/۰۲ و ۲/۹۵ درصد کاهش یافت. علت این کاهش این است که غلظت کلروفیل *a* با کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۲۱/۷۷، ۲۷/۴۲ و ۲۵/۸۱ درصد افزایش یافت. در حالیکه غلظت کلروفیل *b* با کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۲۵/۹۳، ۳۷/۰۴ و ۲۹/۶۳ درصد افزایش یافت. بنابر این نتایج، با کاربرد کودها غلظت کلروفیل *a* اندکی افزایش یافته در حالیکه غلظت کلروفیل *b* افزایش بیشتری یافته در نتیجه این نسبت کاهش یافته است.

منیزیم اتم مرکزی مولکول کلروفیل می‌باشد. منیزیم انتقال کربوهیدارت در آوند آبکش را بهبود می‌بخشد و سبب کاهش تولید گونه‌های اکسیژن فعال و خسارت اکسیداتیو به کلروپلاست در شرایط تنش خشکی می‌شود (۵۴). منیزیم همچنین رشد و سطح ریشه را افزایش می‌دهد که به افزایش آب و عناصر غذایی توسط ریشه و انتقال ساکاروز از برگ‌ها به ریشه کمک می‌کند (۵۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر غلظت منیزیم برگ معنی‌دار ($P<0.01$) بود (جدول ۶). در شرایط تنش خشکی، غلظت منیزیم برگ انگور بین تیمارهای شاهد، سولفات پتاسیم و کمپوست معنی‌دار نبود. غلظت منیزیم برگ انگور در این تیمارها به طور معنی‌داری ($P<0.01$) از تیمار بایوچار بیشتر بود (جدول ۷). صفری و همکاران (۴۳) علل کاهش غلظت منیزیم برگ در تیمار بایوچار را به جذب شیمیایی کاتیون‌ها از جمله منیزیم توسط بایوچار و برهمکنش منیزیم و پتاسیم خاک و کاهش جذب منیزیم توسط گیاه نسبت داده‌اند. همبستگی منفی و معنی‌دار بین پتاسیم و کلسیم همچنین بین پتاسیم و منیزیم خاک گزارش شده است (۳۷).

نقش محافظتی پتاسیم در گیاهانی که از تنش خشکی برخوردار هستند با حفظ pH بالا در استروما و در برابر آسیب فتواکسیداتیو به کلروپلاست گزارش شده است (۵۴). عنصر منیزیم یک ترکیب کلروفیلی است که در فعالیت های سنتزی نقش دارد و کلسیم نیز با حضور در ساختمان پکتین نقش ساختمانی دارد. نیاز ارقام مختلف به عناصر متفاوت هست و نسبت پتاسیم به مجموع کلسیم و منیزیم برای تعادل تغذیه‌ای بیان می‌شود (۴۴). نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و کود بر نسبت پتاسیم به منیزیم ($P<0.01$) معنی‌دار شد (جدول ۶). بیشترین مقدار نسبت پتاسیم به منیزیم در شرایط تنش خشکی در تیمار بایوچار و کمترین مقدار در شرایط بدون تنش خشکی در تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۷). همچنین نتایج نشان داد که اثر تیمار کودی بر نسبت پتاسیم به مجموع کلسیم و منیزیم معنی‌دار ($P<0.01$) بود (جدول ۶). بیشترین و کمترین مقدار نسبت

پتاسیم به مجموع کلسیم و منیزیم به ترتیب در تیمارهای بایوچار و کمپوست دیده شد (جدول ۸).

کمبود عناصر ریز مغذی در کاهش رنگدانه های سیستم فتوسنتزی نقش دارد. کمبود آهن به نسبت روی و منگنز باعث خسارت بیشتر به سیستم نوری می‌شود (۴۱). آهن نقش مهمی در سیتوکروم در زنجیره انتقال الکترون دارد (۱۰). مس به عنوان جزئی از پروتئین‌ها و آنزیم‌های دخیل در انتقال الکترون و واکنش‌های احیاء بوده و همچنین به عنوان یک ناقل الکترون در فسفریلاسیون اکسیداتیو و فتوسنتز شرکت می‌کند (۵۶). منگنز توانایی تجزیه مولکول های آب در سیستم نوری در گیاه را دارد (۷). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمارهای کودی و تنش خشکی بر غلظت آهن و مس برگ انگور (P<0.01) معنی‌دار شد. در شرایط تنش خشکی با کاربرد کودهای شیمیایی و آلی غلظت عناصر کم مصرف برگ انگور در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (به استثناء غلظت آهن برگ در تیمار بایوچار). اثر ساده تنش خشکی (P<0.05) همچنین اثر ساده تیمارهای کودی (P<0.01) بر غلظت منگنز برگ معنی‌دار به دست آمد (جدول ۶). با کاربرد سولفات پتاسیم غلظت منگنز برگ به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای آلی بود (جدول ۸). نتایج نشان داد که در شرایط تنش خشکی، بیشترین غلظت آهن، کلروفیل *a*، *b* و کل برگ در تیمار کمپوست به دست آمد (جدول ۷). همچنین بیشترین غلظت مس برگ در تیمار کمپوست و بایوچار و بیشترین غلظت روی برگ در تیمار سولفات پتاسیم به دست آمد (جدول ۸). غلظت بیشتر عناصر کم مصرف برگ در تیمار کمپوست در مقایسه با بایوچار را می‌توان به غلظت بیشتر این عناصر در کمپوست مربوط دانست (جدول ۲).

اثر ساده تنش خشکی بر غلظت کاروتنوئید برگ انگور

پژوهشگران کاهش کلروفیل برگ در اثر تنش خشکی را به علت افزایش رادیکال‌های اکسیژن در سلول مربوط دانسته‌اند. رادیکال آزاد موجب نابودی رنگدانه‌ها می‌شود. در شرایط تنش خشکی میزان کارتنوئید که به عنوان حمایت کننده کلروفیل در برابر اکسیداسیون نوری می‌باشد، مانع از تخریب بیشتر کلروفیل می‌شود. بر این اساس در شرایط تنش خشکی کارتنوئید افزایش پیدا می‌کند (۳۴). کاروتنوئیدها علاوه بر نقش ساختمانی و جذب نور می‌توانند به طور مستقیم اکسیژن آزاد را غیر فعال کنند (۵). خسارت اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی در بافت گیاه با وجود سیستم‌های آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی کاهش می‌یابد. کاروتن‌ها بخش مهمی از سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی گیاه را تشکیل می‌دهند، اما به تخریب اکسیدکننده‌ها خیلی حساس هستند. بتاکاروتن‌ها در کلروپلاست‌های همه گیاهان سبز وجود دارند که به هسته مرکزی کمپلکس‌های سیستم‌های نوری I و II اتصال دارند (۲۴). حفاظت از اثرات زیان‌آور سیستم اکسیژن فعال در این مکان برای وظایف کارکردی کلروپلاست ضروری است (۳۸). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی و تنش خشکی بر غلظت کاروتنوئید برگ انگور معنی‌دار نشد (P>0.05). غلظت کاروتنوئید برگ در شرایط بدون تنش خشکی (۱/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) به طور معنی‌داری (*P<0.01*) کمتر از شرایط تنش خشکی (۱/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) بود (جدول ۵).

اثر ساده تیمار کودی بر غلظت کاروتنوئید برگ انگور

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار کودی بر غلظت کاروتنوئید برگ معنی‌دار شد (P<0.01) (جدول ۳). غلظت کاروتنوئید برگ انگور برای تیمارهای سولفات پتاسیم، بایوچار و کمپوست ۵/۵۹، ۵/۵۹ و ۵/۶۹ میلی‌گرم برگرم به دست آمد. غلظت کاروتنوئید برگ بین تیمارهای آلی و تیمار کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمارهای کودی و تنش خشکی بر غلظت روی برگ انگور (P<0.01) معنی‌دار شد. روی در فعالیت های آنزیم، انتقال انرژی، سنتز پروتئین و حفظ ساختمان پروتئین و اعضای سلول نقش دارد (۷). روی با افزایش سطوح اکسین باعث افزایش رشد ریشه شده که به نوبه خود باعث افزایش تحمل به خشکی گیاهان می‌شود. از طرفی با کاهش فعالیت NADPH اکسیداز متصل به غشاء باعث کاهش تولید گونه‌های اکسیژن فعال و کاهش صدمه اکسیداسیون نوری می‌شود؛ در حالی که فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را افزایش می‌دهد (۵۴). بنابر نتایج این پژوهش در شرایط تنش خشکی و با کاربرد کودها، اگرچه کاهش معنی‌دار غلظت روی برگ انگور در تیمارهای کودی در مقایسه با شرایط بدون تنش خشکی دیده شد، در شرایط تنش خشکی در تیمارهای کودی سولفات پتاسیم و کمپوست در مقایسه با تیمارهای شاهد و بایوچار (P>0.05)، غلظت روی برگ انگور به طور معنی‌دار (P<0.01) بیشتر بود (جداول ۶ و ۷).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که با کاربرد تیمارهای کودی مورد مطالعه افزایش معنی‌داری در غلظت‌های کلروفیل *a*، *b* و کل همچنین کاروتنوئید برگ انگور دیده شد. بین تیمارهای کودی از نظر محتوی رطوبت نسبی، غلظت کلروفیل *a* و کارتنوئید برگ اختلاف معنی‌داری دیده نشد. اگرچه مقدار کلروفیل *b* و کل در تیمارهای کمپوست و بایوچار از تیمار سولفات پتاسیم بیشتر بود، افزایش نسبت کلروفیل *a* به *b* به ترتیب در تیمارهای بایوچار، سولفات پتاسیم و کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد تغییر کرد.

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر کاربرد سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار بر میزان عناصر برگ انگور رقم 'بیدانه قرمز' در شرایط تنش خشکی

Table 6- ANOVA for of the effect of potassium sulfate, compost, and biochar application on elements content of grapevine leaves cv. 'Bidane-Ghermez' under drought stress conditions

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	$\frac{K}{Mg}$	$\frac{K}{Ca+Mg}$
بلوک Block	3	0.00 ns	0.00 ns	0.01ns	0.02ns	0.00 ns	8.37ns	3.86ns	1.29ns	714.57ns	0.035ns	0.01*
تنش خشکی Drought stress	1	0.32**	0.06 **	0.37**	0.46**	0.05**	3015.69**	1675.48**	55.12**	4605.60*	0.021ns	0.00ns
کود Fertilizer	3	0.13**	0.12 **	1.13**	0.62**	0.051**	4770.80**	5882.02**	173.14**	10584.65**	9.96**	0.40**
تنش خشکی× کود Drought stress fertilizer	3	0.09 **	0.03 ns	0.00ns	0.00ns	0.01**	273.87**	316.39**	16.41**	257.99ns	0.68**	0.00ns
خطا Error	21	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	23.99	20.02	1.08	592.82	0.036	0.00
ضریب تغییرات CV (%)		3.48	9.74	8.41	5.68	13.42	9.18	11.12	6.27	8.41	6.20	7.87

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری

*, ** and ns significant at 5%, 1% and non-significant, respectively

جدول ۷- اثر متقابل کاربرد کود (سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار) ×تنش خشکی بر میزان عناصر برگ انگور 'رقم بیدانه قرمز'

Table 7- Interaction effect of fertilizers (potassium sulfate, compost, and biochar)× drought stress on elements content of grapevines leaf cv. 'Bidane-Ghermez'

تنش خشکی Drought stress	تیمار کودی Treatment	N	Mg	Fe	Zn	Cu	K
		%	(mg.kg-1)				µg
شاهد Control (80 % FC)	عدم مصرف کود Control	3.36b	0.54a	44.25d	17.29e	11.97ef	1.85g
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	3.76a	0.36bc	59.47c	84.74a	14.77d	3.24c
	کمپوست Compost	3.84a	0.38bc	106.68a	60.88c	23.62a	2.84d
	بایوچار Biochar	3.50b	0.41b	41.78de	27.03d	21.07b	4.34b
تنش خشکی Drought stress (40 % FC	عدم مصرف کود Control	3.36b	0.34bc	35.20ef	15.86e	11.05f	2.29f
	سولفات پتاسیم Potassium sulfate	3.36b	0.34bc	39.55de	68.04b	12.60e	2.70de
	کمپوست Compost	3.48b	0.36bc	71.05b	30.02d	16.82c	2.49ef
	بایوچار Biochar	3.46b	0.32c	28.72f	18.13e	20.47b	5.00a

سولفات پتاسیم (۱/۲۵گرم بر کیلوگرم)، کمپوست (پنج درصد وزنی)، بایوچار (ده درصد وزنی). در هر ستون میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند.

Fertilizers: potassium sulfate (10 g.pot-1), compost (5% w/w), biochar (10% w/w). Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% of probability level based on DMRT.

جدول ۸- اثر سولفات پتاسیم، کمپوست و بایوچار بر میزان عناصر برگ انگور رقم 'بیدانه قرمز'

Table 8- The effects of potassium sulfate, compost, and biochar on element content of grapevines leaf cv. 'Bidane-Ghermez'

تیمارها Treatments	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mn (mg.kg^{-1})	$\frac{K}{Ca+Mg}$
شاهد Control	0.43c	0.88c	1.30c	263.59b	0.51b
سولفات پتاسیم Potassium sulfate	0.40c	1.04b	1.86a	341.64a	0.47bc
کمپوست Compost	0.55b	0.95bc	1.86a	286.61b	0.43c
بایوچار Biochar	0.67a	1.69a	1.48b	265.61b	0.91a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند دارای تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند.

Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% of probability levels based on DMRT.

در شرایط تنش خشکی کاربرد کودها باعث افزایش غلظت عناصر غذایی در برگ انگور شد. این افزایش برای عناصر مختلف و تیمارهای کودی مختلف متفاوت بود. به طور کلی، با کاربرد بایوچار در مقایسه با کمپوست و سولفات پتاسیم، غلظت عناصر پر مصرفی همچون فسفر، پتاسیم، منیزیم و همچنین نسبت‌های پتاسیم به منیزیم و پتاسیم به کلسیم و منیزیم و غلظت عناصر کم مصرف مانند مس برگ انگور به طور معنی‌داری بیشتر بود. با کاربرد کمپوست غلظت آهن برگ انگور به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای بایوچار و سولفات پتاسیم بود. با کاربرد سولفات پتاسیم غلظت روی و منگنز برگ انگور بیشتر از تیمارهای بایوچار و کمپوست به دست آمد. بنابراین می‌توان نتیجه گیری کرد که با کاربرد بایوچار در مقایسه با دو کود دیگر فراهمی عناصر غذایی بهتر بوده در نتیجه نسبت کروفیل a به b در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون کاربرد کود بهبود یافت و در نهایت در وزن خشک برگ انعکاس یافت. براساس یافته‌های این پژوهش برای کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و وزن خشک برگ انگور کاربرد بایوچار توصیه می‌شود. پس از بایوچار سولفات پتاسیم و کمپوست توصیه می‌شود. صفری و همکاران (۴۳) گزارش کردند که سدیم قابل جذب خاک با کاربرد سولفات پتاسیم و کمپوست در مقایسه با شاهد به ترتیب ۸/۵۳ و ۶۰/۵۲ درصد افزایش و با کاربرد بایوچار ۳/۷۳ کاهش یافت (۴۳). بنابراین، کاربرد طولانی مدت کمپوست در شرایط تنش خشکی ممکن است به تجمع سدیم تبادلی و تخریب ساختمان خاک و مسمومیت گیاه منجر شود.

منابع

1- Abdulraheem Z., and Hadi R. 2017. Effect of some organic nutrients and NPK on growth properties and leaves content of some nutrients of grape transplants cv. Summer Royal. The Iraqi Journal of Agricultural Science 48: 1169-1175.

2- Agricultural statistical report. 2020. The statistics of area under cultivation, production, and yield of horticulture productions. (In Persian)

3- Ahmadi A., and Siosemardeh A. 2005. Investigation on the physiological basis of grain yield and drought resistance in wheat: leaf photosynthetic rate, stomatal conductance, and non-stomatal limitations. International Journal of Agriculture and Biology 7(5): 807-811.

4- Ali S., Rizwan M., Qayyum M.F., Ok Y.S., Ibrahim M., Riaz M., Arif M.S., Hafeez F., Al-Wabel M.I., and Shahzad A.N. 2017. Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants: a critical review. Environmental Science and Pollution Research 24: 12700-12712.

5- Amini Z., and Haddad R. 2014. Role of ohotosynthetic pigments and antioxidant enzymes against oxidative stress. Journal of Molecular and Cellular Research (Iranian Journal of Biology) 26(3): 251-265. (In Persian with English abstract)

6- Aran M., Abedi B., Tehranifar A., and Parsa M. 2017. Effects of drought stress and rewatering on some morphological and physiological properties of three grapevine cultivars. Journal of Horticultural Sciences 31(2). 315-326. (In Persian with English abstract)

7- Aravind P., and Prasad M.N.V. 2004. Zinc protects chloroplasts and associated photochemical functions in cadmium exposed *Ceratophyllum demersum* L. a freshwater macrophyte. Plant Science 166 (5): 1321-1327.

8- Atkinson C.J., Fitzgerald J.D., and Hipps N.A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits

from biochar application to temperate soils: a review. Plant and Soil, 337(1-2): 1-18.
9- Azizi H., Hassani A., Abbaspour N., Rasouli Sadaghiani M., Doulati Baneh H. 2017. Effect of foliar application of potassium silicate and zinc sulphate on some physiological parameters of two grapevine cultivars under salt stress conditions Iranian Journal of Horticultural Sciences (Iranian Journal of Agricultural Sciences) 47: 797-810 (In Persian with English abstract)
10- Barker A.V., and Pilbeam D.J. 2015. Handbook of Plant Nutrition. CRC press. 773.
11- Baronti S., Vaccari F.P., Miglietta F., Calzolari C., Lugato E., Orlandini S., Pini R, Zulian C., and Genesio L. 2014. Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* (L.) European Journal of Agronomy 53:38–44.
12- Biederman L.A., and Harpole W.S. 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. GCB Bioenergy 5(2): 202-214.
13- Cakmak I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. In Progress in Plant Nutrition: Plenary Lectures of the XIV International Plant Nutrition Colloquium 3-24.
14- Conesa M.R., de la Rosa J.M., Domingo R., Bañon S. and Pérez-Pastor A. 2016. Changes induced by drought stress on water relations, stomatal behaviour and morphology of table grapes (cv. Crimson Seedless) grown in pots. Scientia Horticulturae 202: 9-16.
15- Everitt J.H., Richardson A.J., and Gausman H.W. 1985. Leaf reflectance–nitrogen- chlorophyll relations in buffelgrass. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 51(4): 463-466.
16- Ewulo B.S. 2005. Effect of poultry dung and cattle manure on chemical properties of clay and sandy clay loam soil. Journal of Animal and Veterinary Advances 4(10): 839-841.
17- FAO. 2020. Production statistics crops processed. knoema.com.
18- Fuertes A.B., Arbestain M.C., Sevilla M., Macia J.A., Fiol S., Lopez R., Smernik R.J., Aitkenhead W.P., Arce F., and Macìas, F. 2010. Chemical and structural properties of carbonaceous products obtained by pyrolysis and hydrothermal carbonisation of corn stover. Soil Research 48(7): 618-626.
19- Genesio L., Miglietta F., Baronti S., and Vaccari F.P. 2015. Biochar increases vineyard productivity without affecting grape quality: Results from a four years field experiment in Tuscany. Agriculture, Ecosystems and Environment 201: 20-25.
20- Ghaderi N., Talaei A., Ebadi A., and Lesani H. 2010. Study of some physiological characteristics in'Sahani','Bidane-sefid'and'Farkhii'grapes during drought stress and their subsequent recovery. Iranian Journal of Horticultural Science 41(2): 179-188. (In Persian with English abstract)
21- Ghaserldashti A., Balochi H.R., Iadoi A.R., and Ghobadi M. 2014. The effect of application of different levels of municipal waste compost and nitrogen fertilizer on the concentration of some elements of sweet corn seeds and (*Zea mays* L. saccharata) soil characteristics in Marvdasht conditions. Journal of Agricultural Ecology 6(1): 118-129.
22- Ghosh P.K., Ramesh P., Bandyopadhay K. K., Tripathi A.K., Hati K. M., and Misra A. K. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. I. Crop yields and systems in performance. Bioresource Technology 95: 77-83.
23- Hasani A. 2003. The effects of moisture stress and salinity of sodium chloride on some morphological and physiological characteristics of basil. Tarbiat Modarres University. (In Persian)
24- Havaux M .1998. Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts Trends Plant Sci. 3:147-151.
25- Jackson R.S. 2008. Wine science: principles and applications. Academic press.
26- Jalili Marandi R. 2010. Tiny fruits. Iranian Students Booking Agency, unit of Urmia, 297 pp. (In Persian)
27- Jeffery S., Verheijen F.G., Bastos A.C., and Velde M. 2014. A comment on ‘Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis': on the importance of accurate reporting in supporting a fast-moving research field with policy implications. GCB Bioenergy 6(3): 176-179.
28- Joseph S., Graber E.R., Chia C., Munroe P., Donne S., Thomas T., Nielsen S., Marjo C., Rutlidge H., Pan G.X., and Li L. 2013. Shifting paradigms: development of high-efficiency biochar fertilizers based on nano-structures and soluble components. Carbon Management 4(3): 323-343.
29- Kammann C.I., Linsel S., Gößling J.W., and Koyro H.W. 2011. Influence of biochar on drought tolerance of Chenopodium quinoa Willd and on soil–plant relations. Plant and Soil 345(1-2): 195-210.
30- Kaur T., Brar B.S., and Dhillon N.S. 2008. Soil organic matter dynamics as affected by long-term use of organic and inorganic fertilizers under maize–wheat cropping system. Nutrient Cycling in Agroecosystems 81(1): 59-69.
31- Lawlor D.W., and Cornic G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plant. Plant, Cell and Environment 25: 275-294.
32- Minazadeh R., Karimi R., Mohammadparast B. 2018. The effect of foliar nutrition of potassium sulfate on morpho-physiological indices of grapevine under salinity stress. Iranian Journal of Plant Biology 10:83-106. (In Persian with English abstract)
33- Moayedinezhad A., Mohammadparast B., Hosseini Salekdeh G., Nejatian M.A., and Mohseni Fard E. 2019. Effect

of drought stress on some physiological and biochemical characteristics of two grapevine cultivars. Journal of Plant Process and Function 8: 377-390. (In Persian with English abstract)

34- Navabpour S., Ramezanpour S.S., and Mazandarani A. 2016. Evaluation of enzymatic and non-enzymatic defense mechanism in response to drought stress during growth stage in soybean Plant Products Technology (Agricultural Research) 15: 39-54. (In Persian with English abstract)

35- Nourzad S., Ahmadian A., Moghaddam M., Daneshfar E. 2014. Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil in coriander (*Coriandrum sativum* L.) treated with organic and inorganic fertilizers Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture) 16: 289-302. (In Persian with English abstract)

36- Porra R.J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls *a* and *b*. Photosynthesis Research 73(1-3): 149-156.

37- Pushpavathi Y., Satisha J., Satisha G.C., and Reddy M.L. 2021. Influence of potassium fertilization on yield, petiole and soil nutrient status of table grape cv. Sharad seedless. Journal of Plant Nutrition 1-11. doi:10.1080/01904167.2021.1889595.

38- Prochazkova D., Sairam R.K., Srivastava G.C., and Singh D.V. 2001.Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. Plant Science 161(4): 765–771.

39- Rascio A., Russo M., Mazzucco L., Platani C., Nicastro G., and Di Fonzo N. 2001. Enhanced osmotolerance of a wheat mutant selected for potassium accumulation. Plant Science 160(3): 441-448.

40- Rodrigo-Moreno A., Andres-Colas N., Poschenrieder C., Gunse B., Penarrubia L and Shabala S. 2013. Calcium- and potassium-permeable plasma membrane transporters are activated by copper in Arabidopsis root tips: linking copper transport with cytosolic hydroxyl radical production. Plant, Cell and Environment 36(4): 844-855.

41- Roosta H.R., Estaji A., and Niknam F. 2018. Effect of ferrous, zinc and manganese shortage-induced change on photosynthetic pigments, some osmoregulators and chlorophyll fluorescence parameters in lettuce. Photosynthetica 56(2): 606-615.

42- Sadeghi A.A., Bakhsh Kelarestaghi K., Hajmohammadnia Ghalibaf K. 2014. The effects of vermicompost and chemical fertilizers on yield and yield components of marshmallow (*Altheae officinalis* L.). Journal of Agroecology 6(1): 42-50. (In Persian with English abstract)

43- Safari A., Fatemi A., Saiedi M., and Kolahchi Z. 2020. Effect of fertilizer management systems and water stress conditions on nutritional status of grapes (a greenhouse study). Journal of Soil Management and Sustainable Production 10(1): 119-136. (In Persian with English abstract)

44- Sala F., and Blidariu C. 2012. Macro- and micronutrient content in grapevine cordons under the influence of organic and mineral fertilization. Bulletin UASVM Horticulture 69(1): 317-324.

45- Sekabira K., Oryemndash H., Mutumba G., Kakudidi E., and Basamba T.A. 2011. Heavy metal phytoremediation by *Commelina benghalensis* (L) and *Cynodon dactylon* (L) growing in urban stream sediments. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 3(8): 133-142.

46- Shams H., Naghdi Badi H., Omidi H., Rezazadeh S., Sorooshzadeh A., and Sahandi M. 2009. Quantitative and qualitative changes of borage influenced by foliar spray of calcium nitrate. Journal of Medicinal Plants 4: 138-144. (In Persian with English abstract)

47- Siosemardeh A., Ahmadi A., Poustini K., and Ebrahimzadeh H. 2003. Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat cultivars. Iranian Journal of Agricultural Science 34:93-106. (In Persian)

48- Soukhtesaraee R., Ebadi A., Salami S.A, and Lesani H. 2017. Evaluation of oxidative parameters in three grapevine cultivars under drought stress. Iranian Journal of Horticultural Science 48: 85-98. (In Persian with English abstract)

49- Spoor W. 2001. Domestication of plants in the Old World. 316 pp. New York: Oxford University Press.

50- Sun X.P., Yan H.L., Kang X.Y., and Ma F.W. 2013. Growth, gas exchange, and water-use efficiency response of two young apple cultivars to drought stress in two scion-one rootstock grafting system. Photosynthetica 51(3): 404-410.

51- Vaccari F.P., Maienza A., Miglietta F., Baronti S., Di Lonardo S., Giagnoni L., Lagomarsino A., Pozzi A., Pusceddu E., Ranieri R., and Valboa G. 2015. Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil. Agriculture, Ecosystems and Environment 207: 163-170.

52- Vinceković M., Maslov Bandić L., Jurić S., Jalšenjak N., Čaić A., Živičnjak I., Đermić E., Karoglan M., Osrečak M., and Topolovec-Pintarić S. 2019. The enhancement of bioactive potential in *Vitis vinifera* leaves by application of microspheres loaded with biological and chemical agents. Journal of Plant Nutrition 42: 543-558.

53- Waraich E. A., Ahmad R., and Ashraf M. Y. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. Australian Journal of Crop Science, 5(6): 764–777.

54- Weatherely P.E. 1950. Studies in water relation on cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. New Phytologist 49: 81- 87.

55- Wilhelm M., Eberwein G., Holzer J., Gladtke D., Angerer J., Marczynski B., Behrendt H.H., Ring J., Sugiri D., and Ranft U. 2007. Influence of industrial sources on children’s health-hot spot studies in North Rhine Westphalia, Germany. International Journal of Hygiene and Environmental Health 210(5): 591- 599.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.2, Summer 2021, P. 267-281
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۲۸۱-۲۶۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Some Biochemical Characteristic Changes of Grapevine 'Bidane-Ghermez' Influenced by Drought Stress using Organic and Inorganic Fertilizers

A. Safari[1]- A. Fatemi[2*]- M. Saiedi[3]- Z. Kolahchi[4]
Received: 24-06-2020
Accepted: 10-03-2021

Introduction: the lack of water resources in arid and semi-arid regions is one of the most important limiting factors of the growth of plants, especially fruit trees. Grapevines are one of the most important horticultural products in the world as well as in Iran. The water content of plant tissues, their growth, and the availability of different nutrients in the soil are significantly reduced under water stress conditions. Therefore, the successful production of the plant under water stress conditions depends on the management of plant nutrition. By application of organic and chemical fertilizers, the physical, chemical, and biological properties of soil can be improved. Besides, it can reduce the adverse effects of drought stress conditions.

Materials and Methods: To evaluate the effect of compost, biochar, and potassium sulfate application on dry matter, relative water content (RWC), chlorophyll *a*, *b*, total, and carotenoid contents, as well as the concentration of macro-and micronutrients of leaves of grapevines 'Bidane-Ghermez' under two drought stress conditions, this experiment, was conducted in the research greenhouse during 2017-2018. The experiment was carried out as a factorial experiment based on a randomized complete block design (RCBD) with two factors and four replications. The first factor, without drought stress conditions (80% field capacity (FC)), and drought stress conditions (40% FC), and fertilizer treatments included potassium sulfate (1.25 $g.kg^{-1}$), compost (5 % w/w), and biochar (10% w/w).

Results and Discussion: The results of the analysis of variance (ANOVA) showed that the interaction effect of drought stress ×fertilizers application was not significant for dry matter, and RWC ($P>0.05$). Also, the results of ANOVA indicated that the simple effect of drought stress conditions was not significant for dry matter but the simple effect of fertilizer application was significant for leaf dry matter ($P<0.01$). Without drought stress conditions, there were no significant differences in leaf dry matter between different fertilizer treatments. However, under drought stress conditions, the highest dry matter of grapevine leaves was observed in biochar, compost, and potassium sulfate, respectively. Also, there were no significant differences in leaf dry matter of grapevine between biochar treatment under drought stress conditions and all fertilizer treatments without drought stress conditions. The simple effect of drought stress conditions was significant for leaf dry matter ($P<0.05$). The results of ANOVA revealed that the interaction effect of drought stress ×fertilizer application was not significant for chlorophyll *a, b*, total, and carotenoid contents of grapevine leaves. However, the simple effects of drought stress conditions and fertilizer application were significant for chlorophyll *a*, *b*, total, and carotenoid contents of grapevine leaves ($P<0.01$). Relative water, chlorophyll a and carotenoid contents of grapevine leaves were not significantly different among fertilizers treatments. The increase of chlorophyll *a*/*b* ratio compared with control was changed in order biochar>potassium sulfate>compost. Moreover, the interaction effect of drought stress ×fertilizer application was significant for nitrogen (N), magnesium (Mg), ferrous (Fe), zinc (Zn), and copper (Cu) concentrations of grapevine leaves ($P<0.01$). The ANOVA indicated that the simple effects of drought stress conditions and fertilizer application had a significant effect ($P<0.01$) on macro- and micro-elements concentrations of grapevine leaves. By application of biochar, the concentration of P, K, Mg, and Cu of grapevine leaves significantly were higher than compost and potassium sulfate applications. This consequently resulted in higher chlorophyll *a*/*b* ratio and dry matter of grapevine leaves in biochar treatment for control under drought stress conditions.

Conclusion: Based on the results of this research, it can be concluded that the application of fertilizers reduced drought stress effects on biochemical characteristics and dry matter of grapevine leaves. According to

1 and 2- Graduated M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Soil Science, Razi University, Kermanshah, respectively.
(*- Corresponding Author Email: a.fatemi@razi.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Agronomy, Razi University, Kermanshah
4- Assistant Professor, Department of Soil Science, Bu Ali Sina University, Hamadan
DOI: 10.22067/jhs.2021.61898.0

the results, at first the application of biochar is recommended, then potassium sulfate and compost. Our previous results indicated that by application of compost, the available sodium (Na) of soil was increased 8.53 and 60.52 % for potassium sulfate and compost treatments compared to control, respectively. While, by application of biochar, the available Na of soil reduced 3.73 % in comparison with control. This finding is so important regarding the Na effects on soil structure, the toxicity of Na for plants as well as the interaction between Na and K. Considering K is a critical element to regulate the water content of plant tissue and reduces the hazards of water stress conditions, the higher concentration of Na prevents K uptake from the soil solution by plant.

Keywords: Biochar, Carotenoid, Chlorophyll, Compost, Potassium sulfate